

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-140386

(43)Date of publication of application : 31.05.1996

(51)Int.Cl.

H02P 5/00
G01L 3/22
G05B 11/36

(21)Application number : 06-298074

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 08.11.1994

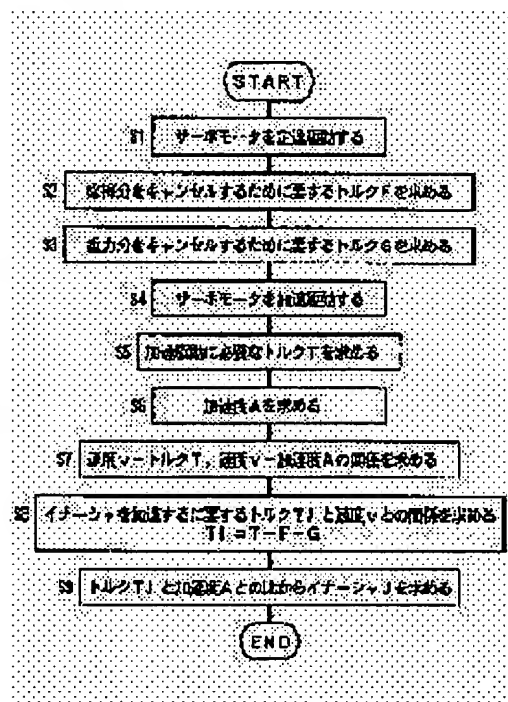
(72)Inventor : IWASHITA HEISUKE
OKITA HAJIME

(54) METHOD FOR ESTIMATING INERTIA OF SERVO MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To estimate the inertia of a mechanical system including a servo motor accurately by providing a step for determining the inertia based on a torque required for accelerating/decelerating a determined inertia component and an accelerative/decelerative drive acceleration.

CONSTITUTION: At first, a servo motor is driven at a constant speed and a torque required for constant speed operation is measured and then torques F, G required for canceled the frictional component and the gravitational component, respectively, are determined. The servo motor is accelerated and a torque command Tc to be applied is determined and then the time variation of torque T required for acceleration drive is determined. Subsequently, time variation of the acceleration in acceleration drive is determined based on the measurements thus determining the relationship between the speed (v) and the torque T based on the time variation of torque T required for the acceleration drive and the time variation of the speed, and the relationship between the speed (v) and the acceleration A based on the time variation of acceleration. Finally, a torque TJ required for accelerating the inertia is determined according to a formula; $TJ = T - F - G$, and then it is divided by the acceleration A to determine an inertia J. This method can estimate the inertia accurately.



PAT-NO: JP408140386A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08140386 A

TITLE: METHOD FOR ESTIMATING INERTIA OF
SERVO MOTOR

PUBN-DATE: May 31, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

IWASHITA, HEISUKE

OKITA, HAJIME

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FANUC LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06298074

APPL-DATE: November 8, 1994

INT-CL (IPC): H02P005/00, G01L003/22 , G05B011/36

ABSTRACT:

PURPOSE: To estimate the inertia of a mechanical system including a servo motor accuracy by providing a step for determining the inertia based on a torque required for accelerating/decelerating a determined inertia component and an accelerative/decelerative drive acceleration.

CONSTITUTION: At first, a servo motor is driven at a constant speed and a torque required for constant speed operation is measured and then torques F, G required for canceling the frictional component and the gravitational component, respectively, are determined. The servo motor

ABSTRACT:

PURPOSE: To estimate the inertia of a mechanical system including a servo motor accuracy by providing a step for determining the inertia based on a torque required for accelerating/decelerating a determined inertia component and an accelerative/decelerative drive acceleration.

CONSTITUTION: At first, a servo motor is driven at a constant speed and a torque required for constant speed operation is measured and then torques F, G required for canceling the frictional component and the gravitational component, respectively, are determined. The servo motor is accelerated and a torque command T_{acc} to be applied is determined and then the time variation of torque T required for acceleration drive is determined. Subsequently, time variation of the acceleration in acceleration drive is determined based on the measurements thus determining the relationship between the speed (v) and the torque T based on the time variation of torque T required for the acceleration drive and the time variation of the speed, and the relationship between the speed (v) and the acceleration A based on the time variation of acceleration. Finally, a torque T_J required for accelerating the inertia is determined according to a formula; $T_J = T - F - G$, and then it is divided by the acceleration A to determine an inertia J. This method can estimate the inertia accurately.

COPYRIGHT: (C)1996,JP

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-140386

(43) 公開日 平成8年(1996)5月31日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 5/00		X		
G 0 1 L 3/22		C		
G 0 5 B 11/36	5 0 1 L	7531-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-298074

(22) 出願日 平成6年(1994)11月8日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 岩下 平輔

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
ファナック株式会社内

(72) 発明者 置田 肇

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
ファナック株式会社内

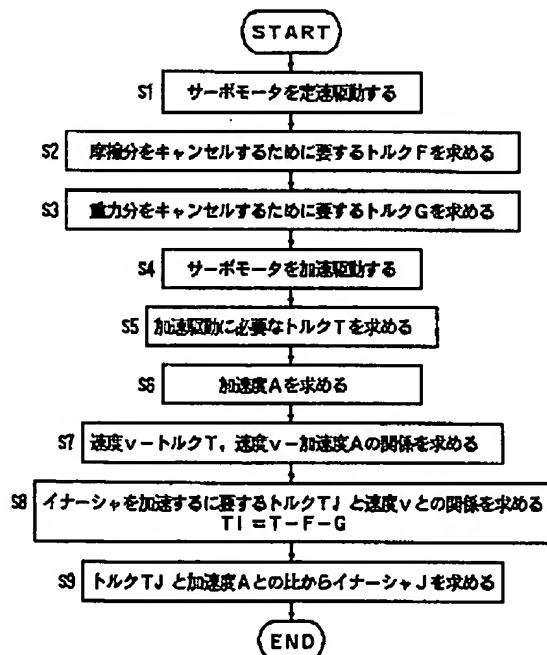
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 サーボモータのイナーシャ推定方法

(57) 【要約】

【目的】 サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャをより正確に推定することができるサーボモータのイナーシャ推定方法を提供する。

【構成】 駆動対象物をサーボモータにより駆動する場合のサーボモータのイナーシャを推定する方法において、サーボモータを一定速度で駆動するために必要なトルクを求める工程(ステップS1, 2, 3)と、サーボモータを加減速駆動するために必要なトルクを求める工程(ステップS4, 5)と、前記工程により求めた二つのトルクからサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求める工程(ステップS7, 8)と、該工程によって求めたイナーシャ分を加減速するために必要なトルクと加減速駆動時の加速度からイナーシャを求める工程(ステップS9)とを備えた工程により、サーボモータのイナーシャを推定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 サーボモータにおいて、サーボモータを一定速度で駆動するために必要なトルクを求める工程と、サーボモータを加速駆動するために必要なトルクを求める工程と、前記二つのトルクからサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求める工程と、前記イナーシャ分を加減速するために必要なトルクと加減速駆動時の加速度からイナーシャを求める工程とを備えたことを特徴とするサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項2】 サーボモータにおいて、サーボモータを複数の異なる一定速度で駆動し、サーボモータの駆動速度と該速度で駆動するために必要なトルクとの関係を求める工程と、サーボモータを加減速駆動し、加減速時における速度と該速度で駆動するために必要なトルクとの関係を求める工程と、前記加減速時に必要なトルクから前記一定速度時に必要なトルクを減算してサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求める工程と、前記イナーシャ分を加減速するために必要なトルクと該トルクに対応した加速度からイナーシャを求める工程とを備えたことを特徴とするサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項3】 サーボモータの摩擦分を補償するトルクを前記一定速度で駆動するために必要なトルクにより求める請求項1、又は2記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項4】 サーボモータの重力軸の摩擦分を補償するためのトルクを、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの平均により求める請求項3記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項5】 サーボモータの重力軸の重力分を補償するためのトルクを、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの差の二分の一により求める請求項1、又は2記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項6】 前記サーボモータを一定速度で駆動するために必要なトルクは、一定速度駆動時における電流指令値から求める請求項1、又は2記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項7】 前記サーボモータを加減速駆動するために必要なトルクは、設定速度指令に対する電流指令値の時間変化から求める請求項1、又は2記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【請求項8】 前記加速度は、設定速度指令に対するフィードバック速度の時間変化から求める請求項1、又は2記載のサーボモータのイナーシャ推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、工作機械の送り軸やロボットのアームなどを駆動するサーボモータの制御に関

2

し、特にサーボモータの機械系のイナーシャを推定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】工作機械の送り軸やロボットのアーム等をサーボモータにより駆動する場合、該サーボモータは数値制御装置によって制御されている。このサーボモータの制御においては、サーボモータの機械部分を含む制御系を構成し、該構成に基づいて各制御要素の設定が行なわれている。そして、該サーボモータの機械部分の要素では、モータ及び機械系のイナーシャに基づいて制御係数の設定が行なわれている。

【0003】図9は従来から行なわれている位置ループに対してフィードフォワード制御を行なう場合のブロック線図である。図9中において、伝達関数1の K_p は位置ループにおけるポジションゲイン、速度ループ補償器2の K_1 は積分ゲイン、 K_2 は比例ゲイン、伝達関数4は位置ループフィードフォワードの項であり、 α は位置のフィードフォワード係数、伝達関数6は速度ループフィードフォワードの項であり、 β は速度のフィードフォワード係数である。また、3はサーボモータの機械部で、 K_t はトルク定数、 J_m はイナーシャである。

【0004】前記ブロック線図において、サーボモータの制御は以下の様にして行われる。数値制御装置等から出力された位置指令と位置検出器等で検出されたサーボモータの現在位置と差を求め、その位置偏差にポジションゲイン K_p を乗じて（通常、比例処理が行なわれる）、速度指令を求める。次に、位置指令を微分して位置のフィードフォワード係数 α を乗じた値に前記速度指令を加算してフィードフォワード制御された速度指令を形成する。該速度指令からサーボモータの実速度を減じて速度偏差を求め、該速度偏差を積分して積分ゲイン K_1 を乗じた値と速度偏差に比例係数 K_2 を乗じた値を加算して電流指令を求める。次に、位置指令を2回微分して速度のフィードフォワード係数 β を乗じた値に前記電流指令を加算してフィードフォワード制御された電流指令を形成する。この電流指令をサーボモータの機械部に渡してサーボモータの駆動を行なう。

【0005】前記制御は位置フィードフォワード及び速度フィードフォワードによって制御系の応答性を向上させるものである。この応答性向上のために、通常、速度のフィードフォワード係数 β を J_m/K_t の値に近い値に設定し、この設定によって速度ループ補償器中の積分器により機械系の摩擦分をキャンセルし、加減速中のイナーシャ分のトルクを速度ループフィードフォワード係数 β により形成するよう意図するものである。

【0006】従来、このサーボモータのモータ及び機械系のイナーシャは、例えば、対象物の質量分布や形状や寸法等のデータに基づいて計算によって求めている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前記した従来の数値制

御系においては、サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャが正確に求められないという問題点がある。

【0008】従来のように、サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャを計算によって求めるには、対象物の質量分布や形状や寸法等のデータに基づいて、イナーシャ計算が容易となるようにモータ及び機械系をモデル化等によって簡略し、該モデルに基づいて行なっている。

【0009】しかしながら、従来のイナーシャ計算では前記モデル化による誤差やサーボモータの駆動中における変位等の原因により、必ずしも正確なイナーシャを得ることができない。このモータ及び機械系のイナーシャの誤差によって、例えば、前記した位置ループに対するフィードフォワード制御を行なうときには、速度のフィードフォワード係数 β が正確にモータ及び機械系のイナーシャに対応したものとはならない。この場合には、加減速中におけるイナーシャ分のトルクを速度ループフィードフォワード係数 β で充分に分担することができず、分担しきれなかったイナーシャ分のトルクを速度ループ補償器中の積分器により分担することになる。この速度ループ補償器は速度ループフィードフォワードより応答速度が遅いため、全体の制御系における応答に遅れが生じることになる。この制御系の応答は、工作機械においては形状誤差の原因となる。

【0010】そこで、本発明は前記した従来の問題点を解決して、サーボモータを含めた機械系のイナーシャをより正確に推定することができるサーボモータのイナーシャ推定方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、サーボモータのイナーシャを推定する方法において、サーボモータを一定速度で駆動するために必要なトルクを求める工程と、サーボモータを加減速駆動するために必要なトルクを求める工程と、前記工程により求めた二つのトルクからサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求める工程と、該工程によって求めたイナーシャ分を加減速するために必要なトルクと加減速駆動時の加速度からイナーシャを求める工程とを備えることにより、前記目的を達成するものである。

【0012】また、本発明は、サーボモータのイナーシャを推定する方法において、サーボモータを複数の一定速度で駆動し、サーボモータの駆動速度と該速度で駆動するために必要なトルクとの関係を求める工程と、サーボモータを加減速駆動し、加減速時における速度と該速度で駆動するために必要なトルクとの関係を求める工程と、前記加減速時に必要なトルクから前記一定速度時に必要なトルクを減算してサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求める工程と、前記イナーシャ分を加減速するために必要なトルクと該トルクに対応した加速度からイナーシャを求める工程とを備え

ることにより、前記目的を達成するものである。

【0013】サーボモータにより駆動対象物を駆動する場合、サーボモータの発生するトルクはモータ及び機械系のイナーシャを加減速するために要するトルクと一定速度で移動するために要するトルクとを含んでいる。さらに、一定速度で移動するために要するトルクは、摩擦分を補償するために要するトルクと重力軸を有する場合には、その重力分を補償するために要するトルクとを含んでいる。

【0014】モータ及び機械系のイナーシャは、イナーシャ分を加減速するために必要なトルクと加速度から求めることができるものである。そして、本発明のイナーシャの推定方法は、加減速時に必要なトルクから一定速度時に必要なトルクを減算することによってイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求め、該トルクを加速度で除することによって推定するものである。

【0015】本発明の方法において、サーボモータの摩擦分を補償するトルクを一定速度で駆動するために必要なトルクにより求めることができ、該トルクの一部である制御対象物の重力軸の摩擦分を補償するためのトルクは、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの平均値により求めることができ、また、重力軸の重力分を補償するためのトルクは、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの差の二分の一により求めることができる。また、該トルクは、一定速度駆動時における電流指令値から求めることができる。

【0016】本発明の方法において、サーボモータを加減速駆動するために必要なトルクは、設定速度指令に対する電流指令値の時間変化から求めることができ、また、加速度は、設定速度指令に対するフィードバック速度の時間変化から求めることができる。

【0017】

【作用】本発明によれば、サーボモータを一定速度で駆動するために必要なトルクを求め、サーボモータを加減速駆動するために必要なトルクを求め、求めた二つのトルクからサーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求め、求めたイナーシャ分を加減速するために必要なトルクと加減速駆動時の加速度からイナーシャを求めることによって、駆動対象物をサーボモータにより駆動する場合のサーボモータのイナーシャを推定する。

【0018】また、本発明によれば、サーボモータを複数の異なる一定速度で駆動し、そのときの電流指令値からその速度で駆動するために必要なトルクを求めて、一定速度駆動におけるサーボモータの駆動速度と必要トルクとの関係を求める。重力軸を有していない場合には、一定速度駆動におけるサーボモータに指令する電流指令を求めることによってサーボモータの摩擦分を補償するトルクを得ることができる。また、重力軸を有している

場合において、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの平均値を求めると重力軸の摩擦分を補償するトルクを求めることができ、重力方向と同方向の駆動に要するトルクと逆方向の駆動に要するトルクとの差の二分の一により求めると重力軸の重力分を補償するトルクを求めることができる。

【0019】次に、サーボモータを加減速駆動し、加減速時における速度と該速度で駆動するために必要なトルクとの関係を求める。そして、加減速時に必要なトルクから一定速度時に必要なトルクを減算すると、サーボモータのイナーシャ分を加減速するために必要なトルクを求めることができる。

【0020】イナーシャ分を加減速するために必要なトルクを該トルクに対応した加速度で除することによって、サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャを推定することができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図を参照しながら詳細に説明する。

【0022】図1は本発明のイナーシャ推定方法の工程を説明するためのフローチャートであり、図2～図4は前記工程中におけるより詳細なフローチャートである。また、図5及び図6はイナーシャ推定方法における各工程中におけるトルク等の特性値のグラフである。

【0023】なお、図1のフローチャートではステップS1からステップS9の符号を用いて本発明のイナーシャ推定方法の全体の工程を説明し、図2のフローチャートではステップS2-1-1～ステップS2-1-7の符号を用いて、重力軸以外の場合における摩擦分をキャンセルするために要するトルクを求める工程を示し、図3ではS2-2-1～ステップS2-2-7の符号を用いて、重力軸の場合における摩擦分をキャンセルするために要するトルクを求める工程を示し、また、図4ではS3-1～ステップS3-7の符号を用いて、重力軸の場合における重力分をキャンセルするために要するトルクを求める工程を示している。

【0024】図1のフローチャートにおいて、はじめにサーボモータを定速駆動する。この定速駆動は、以下のステップS2とステップS3において摩擦分をキャンセルするためのトルクFと重力分をキャンセルするためのトルクGを求めるために行なう（ステップS1）。

【0025】そして、このサーボモータを定速駆動において、一定速度で運転するために必要なトルクの測定を行なう。この一定速度で運転するために必要なトルクは、サーボモータを加減速するために要するトルクを含んでおらず、サーボモータが重力軸を備えていない場合には摩擦分をキャンセルするために必要なトルクであり、また、サーボモータが重力軸を備えている場合には摩擦分をキャンセルするために必要なトルクFと重力分をキャンセルするために必要なトルクGの和である。そ

こで、ステップS2において摩擦分をキャンセルするために必要なトルクFを求め、ステップS3において重力分をキャンセルするために必要なトルクGを求める。なお、サーボモータが重力軸を備えていない場合には、ステップS2のみを行い、サーボモータが重力軸を備えている場合には、ステップS2とステップS3を行なう。

【0026】図2のフローチャートを用いて、サーボモータが重力軸を備えていない場合において、摩擦分をキャンセルするために要するトルクを求める工程（ステップS2-1の工程）について説明する。摩擦分のキャンセルするために必要なトルクFを求めるために、一定速度 v_c を設定し（ステップS2-1-1）、その一定速度 v_c によって速度指令値を設定し（ステップS2-1-2）、該速度指令値によってサーボモータを駆動して一定速度 v_c で回転させる（ステップS2-1-3）。なお、このステップS2-1-1～ステップS2-1-3は、前記ステップS1に対応する工程である。

【0027】このサーボモータが一定速度 v_c で回転している状態においてトルクコマンドを求めると、摩擦分をキャンセルするために必要なトルクFを測定することができ、測定して値を記憶する（ステップS2-1-4）。

【0028】複数個の異なる値の一定速度においてトルクFの測定が終了したか否かを判定し（ステップS2-1-5）、全測定が終了していない場合には一定速度 v_c の値を変更して（ステップS2-1-6）、再び前記ステップS2-1-1～ステップS2-1-4を繰り返す。全測定点での測定が終了すると、速度 v と摩擦分をキャンセルするためのトルクFとの関係を求めることができる。図5は、この速度 v と摩擦分をキャンセルするためのトルクFとの関係を示している（ステップS2-1-6）。測定点から図5に示す曲線を求めるには、例えば、測定点間をスプライン補間等によって補間することにより求めることができる。

【0029】次に、図3のフローチャートを用いて、サーボモータが重力軸を備えている場合において、重力軸の摩擦分をキャンセルするために要するトルクを求める工程（ステップS2-2の工程）について説明する。摩擦分のキャンセルするために必要なトルクFを求めるために、はじめに移動方向を上りの方向に設定する（ステップS2-2-1）。この場合、上りの方向は重力に抗してサーボモータを駆動する方向であり、サーボモータを上りの方向に移動する場合には、摩擦分をキャンセルするために要するトルクと重力分をキャンセルするために要するトルクとの和のトルクを要することになる。この工程では、この内で摩擦分をキャンセルするために要するトルクを求める。

【0030】この上りの移動方向において、前記ステップS2-1と同様の工程によって摩擦分をキャンセルするために要するトルクFを求める（ステップS2-2-

2)。そして、求めたトルクFを上りのトルクF_{up}とする(ステップS2-2-3)。このトルクF_{up}は、(トルクF+トルクG)によって表すことができる。

【0031】次に、移動方向を下りの方向に設定する(ステップS2-2-4)。この場合、下りの方向は重力が作用する方向にサーボモータを駆動する方向であり、サーボモータを下りの方向に移動する場合には、摩擦分をキャンセルするために要するトルクと重力分をキャンセルするために要するトルクとの差のトルクを要することになる。

【0032】この下りの移動方向において、前記ステップS2-1と同様の工程によって摩擦分をキャンセルするために要するトルクFを求める(ステップS2-2-5)。そして、求めたトルクFを下りのトルクF_{down}とする(ステップS2-2-6)。このトルクF_{down}は、(トルクF-トルクG)によって表すことができる。

【0033】重力軸の場合の摩擦分をキャンセルするために要するトルクFをF_gとすると、F_gは(F_{up}+F_{down})/2によって求めることができる(ステップS2-2-7)。次に、図4のフローチャートを用いて、サーボモータが重力軸を備えている場合の重力分をキャンセルするために要するトルクGを求める工程(ステップS3の工程)について説明する。重力分をキャンセルするために必要なトルクGを求めるには、ステップS3-1～ステップS3-6において、前記ステップS2-2の摩擦分をキャンセルするために要するトルクFを求める工程(ステップS2-2-1～ステップS2-2-6)と同様にして、上りのトルクF_{up}と下りのトルクF_{down}を求める。

【0034】そして、重力軸の場合の重力分をキャンセルするために要するトルクをGとすると、Gは(F_{up}-F_{down})/2によって求めることができる(ステップS3-7)。したがって、前記ステップS2及びステップS3によって、サーボモータの定速駆動により、摩擦分をキャンセルするために要するトルクFと重力分をキャンセルするために要するトルクGが求められる。

【0035】次に、サーボモータを加速駆動する(ステップS4)。ここで、この加速駆動は、例えば、サーボモータに速度零の状態においてある設定した速度値の速度指令を与え、速度が零から設定速度に達するまで駆動するものである。

【0036】この加速駆動において、サーボモータに印加されるトルクコマンドT_cを求めることによって加速駆動に必要なトルクTの時間変化を求める。この測定結果例を図6の(b)に示す(ステップS5)。また、同様の加速駆動において、サーボモータのフィードバック速度vを求めることによって加速駆動における速度の時間変化を求めることができ(この測定結果例を図6の

(a)に示す)、さらに、この測定結果から、加速駆動

における加速度の時間変化を求めることができる(ステップS6)。

【0037】次に、前記測定により得られる加速駆動に必要なトルクTの時間変化と加速駆動における速度の時間変化とから、加速駆動における速度vとトルクTとの関係を求める(この結果例を図6の(c)に示す)。また、前記加速駆動における加速度の時間変化から加速駆動における速度vと加速度Aとの関係を求める(この結果例を図6の(d)に示す)。速度vとトルクTとの関係は、サーボモータのイナーシャを加速するために必要なトルクT_Jを求めるためであり、また、速度vと加速度Aとの関係は、サーボモータのイナーシャを求めるための加速度を定めるためである。

【0038】前記ステップS7において求めた加速駆動に必要なトルクTは、イナーシャを加速するために必要なトルクT_Jと摩擦分をキャンセルするために必要なトルクFと重力分をキャンセルするために必要なトルクGの和(T=T_J+F+G)であるため、イナーシャを加速するために必要なトルクT_Jは加速駆動に必要なトルクTから摩擦分をキャンセルするために必要なトルクFと重力分をキャンセルするために必要なトルクGを減算することによって求めることができる。そこで、ステップS8において、T_J=T-F-Gの演算を行なうことによってイナーシャを加速するために必要なトルクT_Jを求める。図6の(e)は、このイナーシャを加速するために必要なトルクT_Jの結果例をしている(ステップS8)。

【0039】サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャJは、イナーシャを加速するために必要なトルクT_Jと加速度Aとの比(J=T_J/A)によって求められる。図6の(d)に示す速度vに対する加速度Aの関係によると、加速度Aは速度vに応じて変化する。イナーシャJの演算に使用する加速度Aの変化は、イナーシャJの値に影響する。そこで、一定のイナーシャJの値を得るために、サーボモータの通常使用する速度であって加速度Aの変化の少ない領域を図6の(d)において定め、その加速度Aのときの速度vに対応したトルクT_Jを図6の(e)で求め、求めたトルクT_Jを加速度Aで除してイナーシャJ(=T_J/A)を求める(ステップS9)。

【0040】これによって、サーボモータのイナーシャを加速するために必要なトルクと、摩擦分及び重力分をキャンセルするために必要なトルクとを分離し、イナーシャを加速するために必要なトルクからサーボモータのモータや機械系のイナーシャを推定することができる。

【0041】なお、前記ステップS1～ステップS9の工程によるイナーシャの推定処理を複数回行い、得られた複数個のイナーシャ値の平均を求めることにより測定誤差を減少させることもできる。

【0042】(本発明の実施例を実施する制御装置例)

図7は、本発明の実施例を実施するデジタルサーボ制御装置のブロック図であり、構成は従来のデジタルサーボ制御を行う装置と同一構成であるので、概略的に示している。

【0043】図7において、10は数値制御装置（以下、NCという）、12は共有RAM、14はマイクロコンピュータ（以下、CPUという）構成のデジタルサーボ回路、16はトランジスタインバータ等のサーボアンプ、18はサーボモータ、20はサーボモータ18の回転と共にパルスが発生するパルスコードである。

【0044】NC10は位置指令周期（分周周期）ITP毎に位置指令を共有RAMに書き込み、デジタルサーボ回路14のCPUはこの位置指令を共有RAMから読み取り、上記位置指令周期ITPをN個に分割した周期Tp（ITP=Tp×N）で、位置ループ処理を行う。ITP周期毎NC10から出力される位置指令がITP周期中均等に分配されるように位置ループ処理Tpにおける位置指令anを求め、この位置指令anとパルスコード20からのフィードバックパルスによって得られるサーボモータ18の現在位置との差より位置ループ処理を行うと共に、位置のフィードフォワード制御処理を行って速度指令を求め、次に該速度指令とパルスコード20からのフィードバックパルスによって得られるサーボモータ18の実速度より速度ループ処理、速度フィードフォワード処理を行い、電流指令を求める。そして、電流ループ処理を行い、PWM指令を作成し、サーボアンプ16を介してサーボモータ18を駆動する。

【0045】（本発明の方法により求めたイナーシャを用いた制御例）本発明のイナーシャ推定方法により求めたサーボモータのモータや機械系のイナーシャJmを用いたサーボモータの制御例について説明する。

【0046】図8は、前記図9と同様に位置ループに対してフィードフォワード制御を行なう場合のブロック線図である。図8中において、伝達関数1のKpは位置ループにおけるポジションゲイン、速度ループ補償器2のK1は積分ゲイン、K2は比例ゲイン、伝達関数4は位置ループフィードフォワードの項であり、αは位置のフィードフォワード係数、伝達関数6は速度ループフィードフォワードの項であり、βは速度のフィードフォワード係数である。また、3はサーボモータの機械部で、Ktはトルク定数、Jmはイナーシャである。

【0047】そして、この制御ブロックにおいて、速度のフィードフォワード係数βを本発明のイナーシャ推定方法により求めたイナーシャJmをトルク定数Ktで除した値Jm/Ktによって設定する。

【0048】サーボモータに指令される電流指令値は、前記したように、ポジションゲインKpを乗じて得られる速度指令と位置指令の微分値にフィードフォワード係数αを乗じた値との和から速度フィードバック値を減じた値に基づいて速度ループ補償器2で形成する電流指令

と、位置指令の2回微分値に速度のフィードフォワード係数βを乗じた値とにより形成される。

【0049】ここで、その速度のフィードフォワード係数βがイナーシャJmに基づいた値に設定されてるため、速度ループフィードフォワードは加減速中のイナーシャ分に対応したトルクを形成することができ、また、速度ループ補償器は機械系の摩擦分及び重力分をキャンセルするトルクを形成することができる。したがって、速度ループ補償器では、従来の制御のように加減速中のイナーシャ分に対応するトルクの一部の分担をすることがなく、加減速中のイナーシャ分については速度ループフィードフォワードにおいて高速の応答を行うことができる。

【0050】（実施例の効果）本発明のイナーシャの推定方法によって求めたイナーシャをトルク定数で除した値を速度ループフィードフォワードの係数とすると、サーボモータのトルクの中でイナーシャ分を速度ループフィードフォワードにより分担し、摩擦分及び重力分を速度ループ補償器で分担することができ、これによって、サーボモータの出力するトルクをイナーシャ加速のためのトルクと摩擦を補償するためのトルクとに分離し、高速で高精度の制御を行なうことができる。また、これによって、工作機械の場合には形状誤差を減少させることができる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、サーボモータのモータ及び機械系のイナーシャをより正確に推定することができるサーボモータのイナーシャ推定方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のイナーシャ推定方法の工程を説明するためのフローチャートである。

【図2】重力軸以外の摩擦分をキャンセルするために必要なトルクを求めるフローチャートである。

【図3】重力軸の摩擦分をキャンセルするために必要なトルクを求めるフローチャートである。

【図4】重力軸の重力分をキャンセルするために必要なトルクを求めるフローチャートである。

【図5】一定速度において摩擦をキャンセルするために必要なトルク値を示すグラフである。

【図6】イナーシャを加速するために必要なトルクを求めるための測定値を示すグラフである。

【図7】本発明の実施例を実施するデジタルサーボ制御装置のブロック図である。

【図8】本発明の実施例に基づいて位置ループに対してフィードフォワード制御を行なう場合のブロック線図である。

【図9】従来から行なわれている位置ループに対してフィードフォワード制御を行なう場合のブロック線図である。

【符号の説明】

1 位置ループの伝達関数

2 速度ループ補償器

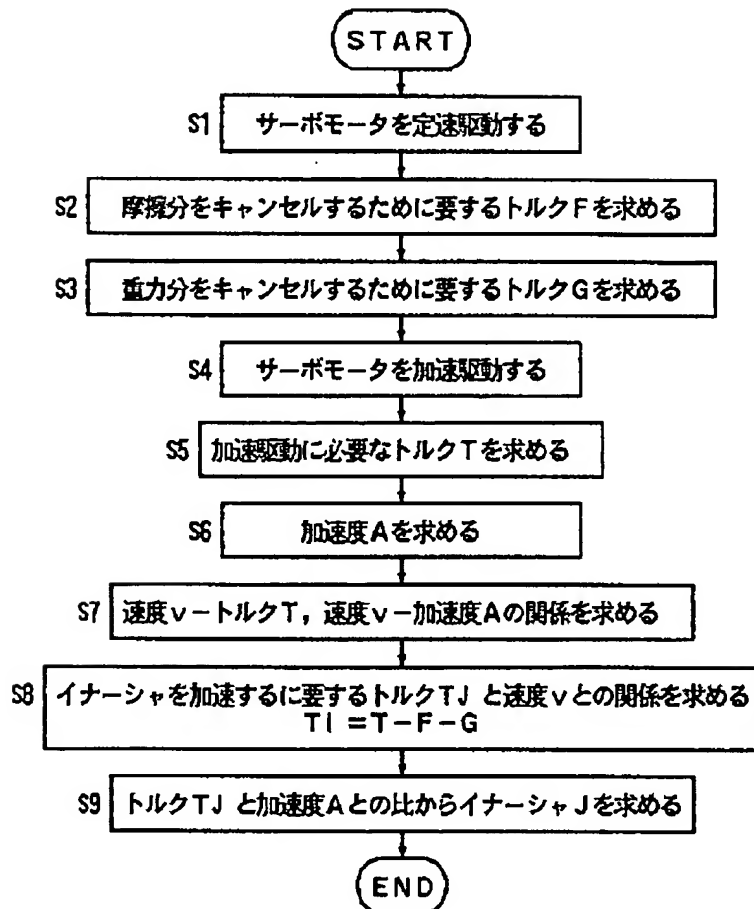
3 サーボモータの機械部

4 位置ループフィードフォワードの項

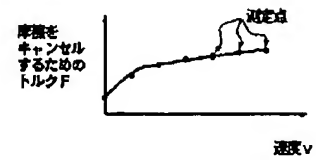
6 速度ループフィードフォワードの項

K_p 位置ループにおけるポジションゲインK₁ 積分ゲインK₂ 比例ゲイン α 位置のフィードフォワード係数 β 速度のフィードフォワード係数K_t トルク定数J_m イナーシャ

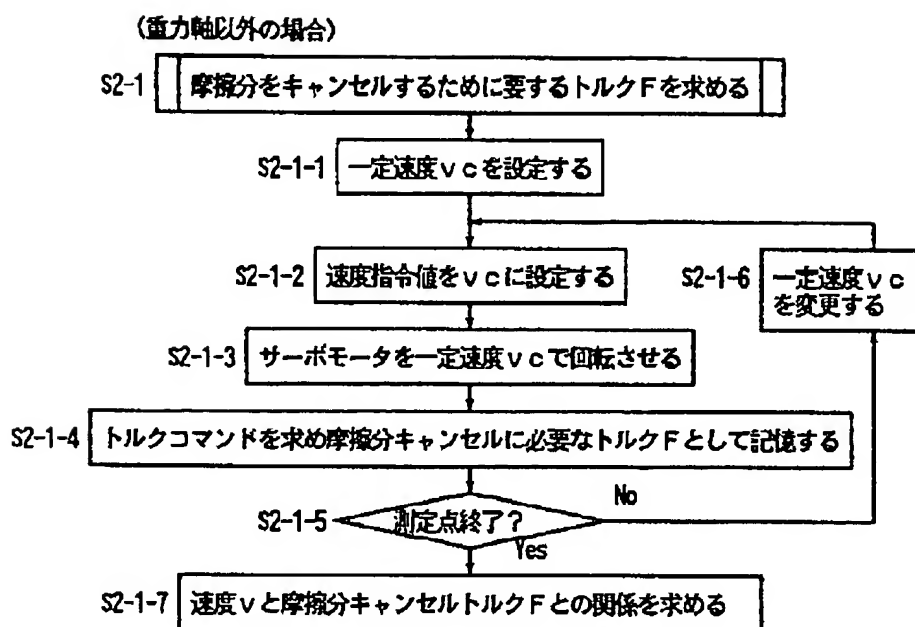
【図1】



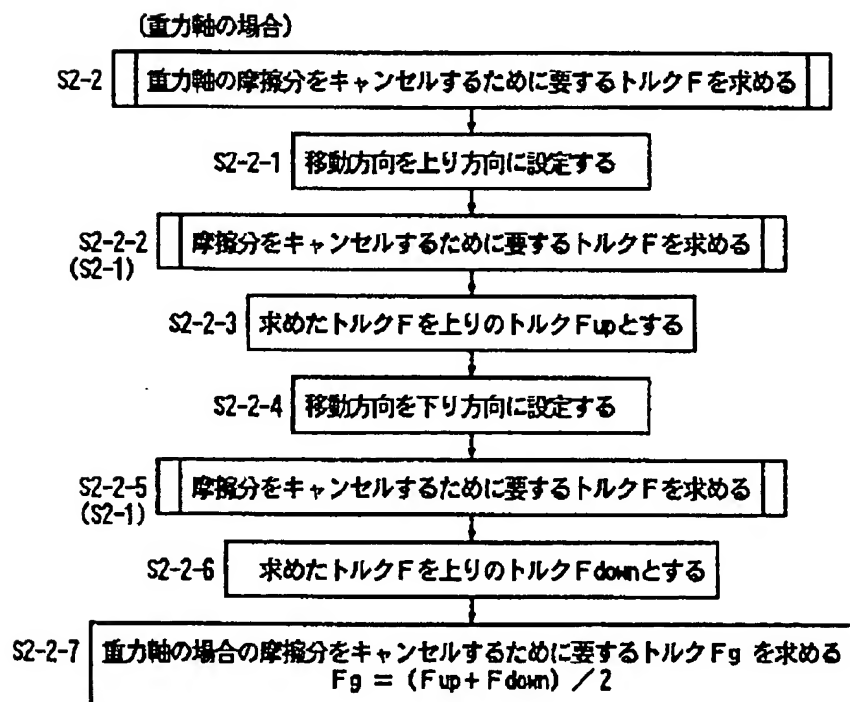
【図5】



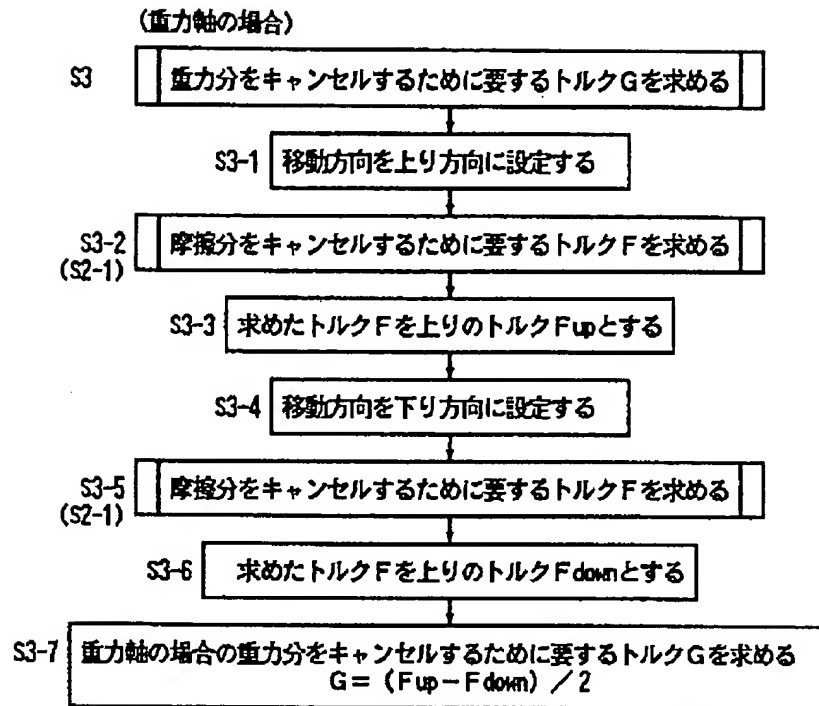
【図2】



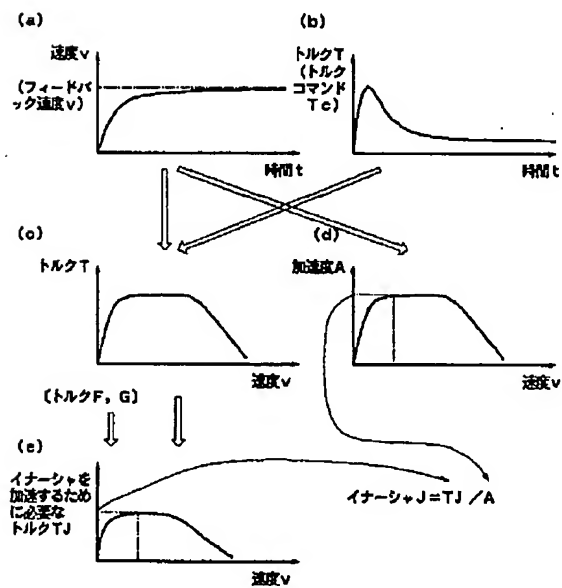
【図3】



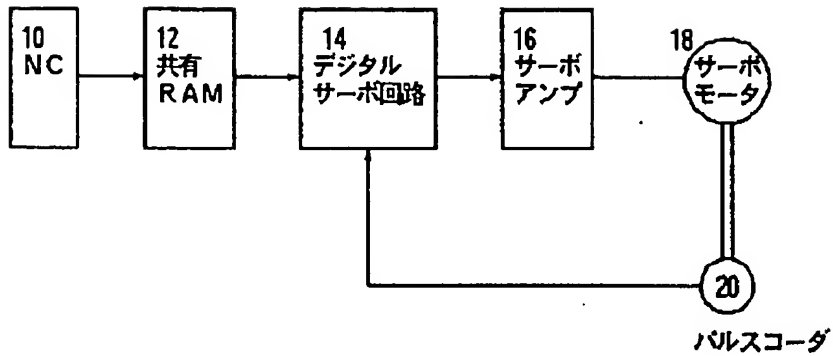
【図4】



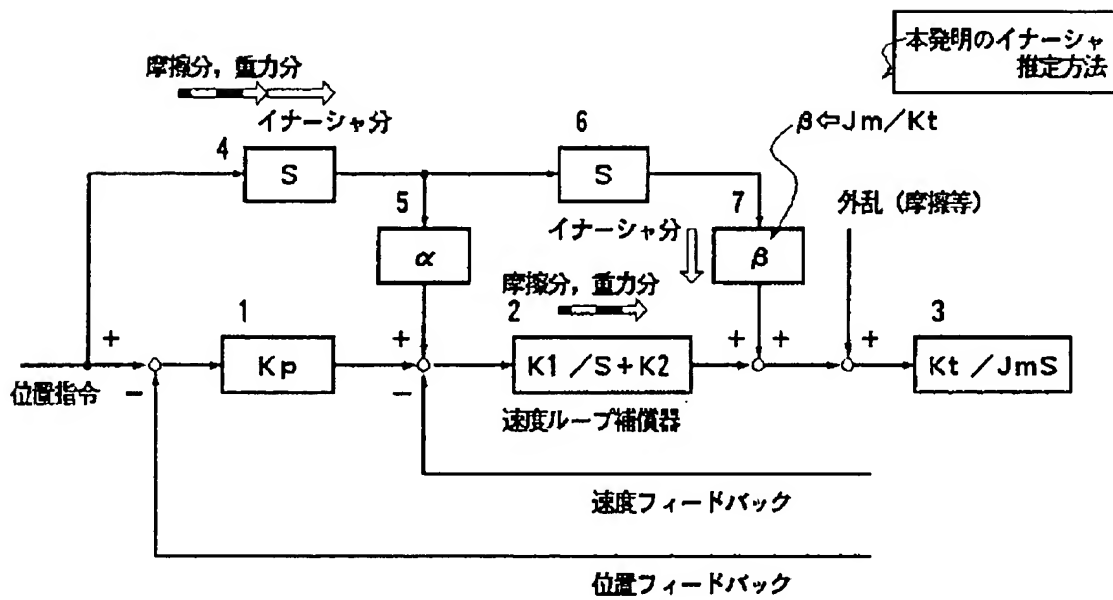
【図6】



【図7】



【図8】



摩擦分, 重力分

イナーシャ分

4

S

位置ループ
フィード
フォワード

5

α

1

K_p

位置指令

2

$K_1/S + K_2$

速度ループ補償器

6

S

イナーシャ分
の一部

7

β

速度ループ
フィードフォワード

外乱 (摩擦等)

3

$K_t / J_m S$

速度フィードバック

位置フィードバック

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the approach of presuming especially the inertia of the mechanical system of a servo motor, about control of the servo motor which drives the feed shaft of a machine tool, a robot's arm, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] When driving the feed shaft of a machine tool, a robot's arm, etc. with a servo motor, this servo motor is controlled by numerical-control equipment. In control of this servo motor, the control system containing the machine part of a servo motor is constituted, and a setup of each control member is performed based on this configuration. And with the element of the machine part of this servo motor, a setup of a control factor is performed based on the inertia of a motor and a mechanical system.

[0003] Drawing 9 is a block diagram in the case of performing feedforward control to the location loop formation currently performed from the former. Proportional gain and the transfer function 4 of integral gain and K2 are location loop-formation feedforward's terms, alpha is the feedforward multiplier of a location, a transfer function 6 is rate loop-formation feedforward's term, and beta of position gain [in / in Kp of a transfer function 1 / a location loop formation] and two rate loop-formation compensator K1 is [be / it / under / drawing 9 / setting] the feedforward multiplier of a rate. Moreover, 3 is the machine section of a servo motor, Kt is a torque constant and Jm is inertia.

[0004] In said block diagram, control of a servo motor is performed by [as being the following]. The location command outputted from numerical-control equipment etc., the current position of the servo motor detected with the position transducer etc., and a difference are searched for, and the position error is multiplied by the position gain Kp (proportionality processing is usually performed), and it asks for a rate command. Next, the rate command by which added said rate command to the value which differentiated the location command and multiplied by the feedforward multiplier alpha of a location, and feedforward control was carried out to it is formed. Whenever [real velocity / of a servo motor] is subtracted from this rate command, and a velocity error is searched for, and the value which integrated with this velocity error and multiplied by the integral gain K1, and the value which multiplied the velocity error by the proportionality coefficient K2 are added, and it asks for a current command. Next, the current command by which added said current command to the value which differentiated the location command twice and multiplied by the feedforward multiplier beta of a rate, and feedforward control was carried out to it is formed. This current command is passed to the machine section of a servo motor, and a servo motor is driven.

[0005] Said control raises the responsibility of a control system by location feedforward and rate feedforward. A sake [on this response disposition], the feedforward multiplier beta of a rate is set as the value near the value of Jm/Kt, and a rubbed part of a mechanical system is canceled with the integrator in a rate loop-formation compensator, and by this setup, it usually means so that the torque for inertia under acceleration and deceleration may be formed with the rate loop-formation feedforward multiplier

beta.

[0006] Conventionally, based on data, such as the mass distribution and the configuration of an object, and a dimension, it is asking for the motor of this servo motor, and the inertia of a mechanical system by count.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the above mentioned conventional numerical-control system, there is a trouble that the motor of a servo motor and the inertia of a mechanical system are not called for correctly.

[0008] Like before, in order to ask for the motor of a servo motor, and the inertia of a mechanical system by count, simple [of a motor and the mechanical system] is carried out, and they are performed based on this model based on data, such as the mass distribution and the configuration of an object, and a dimension, by modeling etc. so that inertia count may become easy.

[0009] However, in the conventional inertia count, exact inertia cannot necessarily be obtained according to causes, such as an error by said modeling, and a variation rate under drive of a servo motor. When the error of the inertia of this motor and a mechanical system performs feedforward control to the above mentioned location loop formation, for example, the feedforward multiplier beta of a rate does not become a motor and a thing corresponding to the inertia of a mechanical system correctly. In this case, the rate loop-formation feedforward multiplier beta cannot fully share torque for inertia under acceleration and deceleration, but the torque for the inertia which was not able to be shared will be shared with the integrator in a rate loop-formation compensator. Since the speed of response is slower than rate loop-formation feedforward, delay will produce this rate loop-formation compensator in the response in the whole control system. The response of this control system causes a configuration error in a machine tool.

[0010] Then, this invention solves the above mentioned conventional trouble, and it aims at offering the inertia presumption approach of a servo motor that the inertia of a mechanical system including a servo motor can be presumed more correctly.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The process which searches for torque required since this invention drives a servo motor with constant speed in the approach of presuming the inertia of a servo motor, The process which searches for torque required in order to carry out the acceleration-and-deceleration drive of the servo motor, The process which searches for torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia of a servo motor from two torque searched for according to said process, Said purpose is attained by having torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia for which it asked according to this process, and the process which asks for inertia from the acceleration at the time of an acceleration-and-deceleration drive.

[0012] Moreover, this invention is set to the approach of presuming the inertia of a servo motor. The process which asks for relation with torque required since a servo motor is driven with two or more constant speed and it drives at the drive rate and this rate of a servo motor, The process which asks for relation with torque required since the acceleration-and-deceleration drive of the servo motor is carried out and it drives at the rate and this rate at the time of acceleration and deceleration, The process which searches for torque required in order to subtract torque required at the time of said constant speed from torque required at the time of said acceleration and deceleration and to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia of a servo motor, Said purpose is attained by having the process which asks for inertia from the acceleration corresponding to torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for said inertia, and this torque.

[0013] When driving a drive object with a servo motor, the torque which a servo motor generates includes the torque required in order to move with the torque and constant speed which are required in order to carry out the acceleration and deceleration of the inertia of a motor and a mechanical system. Furthermore, the torque required in order to move with constant speed includes the torque required in order to compensate a part for the gravity, when it has the torque and the gravity shaft which are required in order to compensate a rubbed part.

[0014] It can ask for the inertia of a motor and a mechanical system from torque and acceleration required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for inertia. And the presumed approach of the inertia of this invention searches for torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for inertia by subtracting torque required at the time of constant speed from torque required at the time of acceleration and deceleration, and presumes it by ***(ing)** this torque with acceleration.

[0015] It can ask by torque required since the torque which compensates a rubbed part of a servo motor is driven with constant speed in the approach of this invention. The torque for being this a part of torque and compensating a rubbed part of the gravity shaft of a controlled-system object The torque for being able to ask with the average of the torque which the drive of the gravity direction and this direction takes, and the torque which the drive of hard flow takes, and compensating a part for the gravity of a gravity shaft It can ask by the half of the difference of the torque which the drive of the gravity direction and this direction takes, and the torque which the drive of hard flow takes. Moreover, this torque can be calculated from the current command value at the time of a constant speed drive.

[0016] In the approach of this invention, torque required in order to carry out the acceleration drive of the servo motor can be searched for from time amount change of the current command value over a setting rate command, and it can ask for acceleration from time amount change of the feedback rate to a setting rate command.

[0017]

[Function] Torque required in order to search for torque required according to this invention since a servo motor is driven with constant speed and to carry out the acceleration-and-deceleration drive of the servo motor is searched for, torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia of a servo motor from two torque searched for is searched for, and the inertia of the servo motor in the case of driving a drive object with a servo motor is presumed by asking for inertia from the acceleration at the time of torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia for which it asked, and an acceleration-and-deceleration drive.

[0018] Moreover, according to this invention, torque required since a servo motor is driven with the constant speed from which plurality differs and it drives at the rate from the current command value at that time is searched for, and it asks for the relation of the drive rate of a servo motor and need torque in a constant speed drive. When it does not have the gravity shaft, the torque which compensates a rubbed part of a servo motor can be acquired by asking for the current command which the servo motor in a constant speed drive is ordered. Moreover, if the average of the torque which the drive of the gravity direction and this direction takes, and the torque which the drive of hard flow takes is calculated when it has the gravity shaft, the torque which compensates a rubbed part of a gravity shaft can search for, and if it asks by the half of the difference of the torque which the drive of the gravity direction and this direction takes, and the torque which the drive of hard flow takes, the torque which compensates a part for the gravity of a gravity shaft can search for.

[0019] Next, the acceleration-and-deceleration drive of the servo motor is carried out, and it asks for relation with torque required since it drives at the rate and this rate at the time of acceleration and deceleration. And if torque required at the time of constant speed is subtracted from torque required at the time of acceleration and deceleration, torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for the inertia of a servo motor can be searched for.

[0020] By ***(ing)** torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the part for inertia with the acceleration corresponding to this torque, the motor of a servo motor and the inertia of a mechanical system can be presumed.

[0021]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail, referring to drawing.

[0022] Drawing 1 is a flow chart for explaining the process of the inertia presumption approach of this invention, and drawing 2 - drawing 4 are detailed flow charts rather than it can set in said process. Moreover, drawing 5 and drawing 6 are the graphs of characteristic values, such as torque in each process in the inertia presumption approach.

[0023] In addition, the flow chart of drawing 1 explains the process of the whole inertia presumption approach of this invention using the sign of step S9 from step S1. In the flow chart of drawing 2, the sign of step S2-1-1- step S2-1-7 is used. The process which searches for the torque required in order to cancel a rubbed part in other than a gravity shaft is shown. The process which searches for the torque which drawing 3 takes in order to use the sign of S2-2-1- step S2-2-7 and to cancel a rubbed part in the case of a gravity shaft is shown. Moreover, by drawing 4, the sign of S3-1- step S3-7 is used, and the process which searches for the torque required in order to cancel a part for the gravity in the case of a gravity shaft is shown.

[0024] In the flow chart of drawing 1, the constant speed drive of the servo motor is carried out first. This constant speed drive is performed in order to search for the torque G for canceling a part for the torque F for canceling a rubbed part in the following step S2 and step S3, and gravity (step S1).

[0025] And torque required in order to operate this servo motor with constant speed in a constant speed drive is measured. Torque required in order to operate with this constant speed is torque required when the servo motor is not equipped with the gravity shaft, in order to cancel a rubbed part excluding the torque required in order to carry out the acceleration and deceleration of the servo motor, and is the sum of the torque G required in order to cancel a part for the torque F required when the servo motor is equipped with the gravity shaft, in order to cancel a rubbed part, and gravity. Then, the torque F required in order to cancel a rubbed part in step S2 is searched for, and the torque G required in order to cancel a part for gravity in step S3 is searched for. In addition, when the servo motor is not equipped with the gravity shaft, only step S2 is performed, and when the servo motor is equipped with the gravity shaft, step S2 and step S3 are performed.

[0026] The process (step S process of 2-1) which searches for the torque required in order to cancel a rubbed part using the flow chart of drawing 2, when the servo motor is not equipped with the gravity shaft is explained. In order to search for the torque F required in order to cancel [rubbed], constant speed v_c is set up (step S 2-1-1), and a rate command value is set up with the constant speed v_c (step S 2-1-2), and a servo motor is driven and it is made to rotate with constant speed v_c with this rate command value (step S 2-1-3). In addition, these step S2-1-1- step S2-1-3 are a process corresponding to said step S1.

[0027] If it asks for a torque command in the condition that this servo motor is rotating with constant speed v_c , the torque F required in order to cancel a rubbed part can be measured, it will measure, and a value will be memorized (step S 2-1-4).

[0028] It judges whether measurement of Torque F was completed in the constant speed of the value from which plurality differs (step S 2-1-5), when all measurement is not completed, the value of constant speed v_c is changed (step S 2-1-6), and said step S2-1-1- step S2-1-4 are repeated again. After measurement in all point of measurement is completed, it can ask for relation with the torque F for canceling a rate v and a rubbed part. Drawing 5 shows relation with the torque F for canceling this rate v and a rubbed part (step S 2-1-6). In order to ask for the curve shown in drawing 5 from point of measurement, it can ask by interpolating between point of measurement by spline interpolation etc.

[0029] Next, the process (step S process of 2-2) which searches for the torque required in order to cancel a rubbed part of a gravity shaft using the flow chart of drawing 3, when the servo motor is equipped with the gravity shaft is explained. In order to search for the torque F required in order to cancel [rubbed], it sets up towards going up of the migration direction to the start (step S 2-2-1). In this case, the direction of uphill is a direction which resists gravity and drives a servo motor, and when moving towards going up of a servo motor, the torque of the sum with the torque required in order to cancel a part for the torque required in order to cancel a rubbed part, and gravity will be required. The torque which this process takes in order to cancel a rubbed part is searched for.

[0030] In the migration direction of this going up, the torque F required in order to cancel a rubbed part according to the same process as said step S2-1 is searched for (step S 2-2-2). And it considers as the torque F_{up} of going up of the torque F searched for (step S 2-2-3). (The torque $F + \text{torque } G$) can express this torque F_{up} .

[0031] Next, it sets up in the direction to which it gets down from the migration direction (step S 2-2-4).

In this case, the direction from which it gets down is a direction which drives a servo motor in the direction in which gravity acts, and when it moves in the direction to which it gets down from a servo motor, it will require the torque of a difference with the torque required in order to cancel a part for the torque required in order to cancel a rubbed part, and gravity.

[0032] In this migration direction from which it gets down, the torque F required in order to cancel a rubbed part according to the same process as said step S2-1 is searched for (step S 2-2-5). And it considers as the torque F_{down} which gets down from the torque F searched for (step S 2-2-6). (The torque F -torque G) can express this torque F_{down} .

[0033] If torque F required in order to cancel a rubbed part in the case of a gravity shaft is set to F_g , F_g can be calculated by $(F_{up}+F_{down})/2$ (step S 2-2-7). Next, the process (process of step S3) which searches for the torque G required in order to cancel a part for gravity in case the servo motor is equipped with the gravity shaft using the flow chart of drawing 4 is explained. In order to search for the torque G required in order to cancel a part for gravity, in step S3-1- step S3-6, the uphill torque F_{up} and the torque F_{down} from which it gets down are searched for like the process (step S2-2-1- step S2-2-6) which searches for the torque F required in order to cancel a rubbed part of said step S2-2.

[0034] And if torque required in order to cancel a part for the gravity in the case of a gravity shaft is set to G , it can ask for G by $(F_{up}-F_{down})/2$ (step S 3-7). Therefore, the torque G required by the constant speed drive of a servo motor in order to cancel a part for the torque F required in order to cancel a rubbed part, and gravity is searched for by said step S2 and step S3.

[0035] Next, the acceleration drive of the servo motor is carried out (step S4). Here, this acceleration drive gives the rate command of the set-up rate value which has been set in the condition of rate zero to a servo motor, and it drives it until a rate reaches a setting rate from zero.

[0036] In this acceleration drive, it asks for time amount change of the torque T required for an acceleration drive by asking for the torque command T_c impressed to a servo motor. This example of a measurement result is shown in (b) of drawing 6 (step S5). Moreover, in the same acceleration drive, by finding the feedback rate v of a servo motor, it can ask for time amount change of the rate in an acceleration drive (this example of a measurement result is shown in (a) of drawing 6), and can ask for time amount change of the acceleration in an acceleration drive from this measurement result further (step S6).

[0037] Next, it asks for the relation of the rate v and Torque T in an acceleration drive from time amount change of the torque T required for the acceleration drive obtained by said measurement, and time amount change of the rate in an acceleration drive (as a result, an example is shown in (c) of drawing 6). Moreover, it asks for the relation of the rate v and acceleration A in an acceleration drive from time amount change of the acceleration in said acceleration drive (as a result, an example is shown in (d) of drawing 6). A rate v and the relation with Torque T are for searching for the torque T_J required in order to accelerate the inertia of a servo motor, and the relation between a rate v and acceleration A is for defining the acceleration for asking for the inertia of a servo motor.

[0038] The torque T required for the acceleration drive for which it asked in said step S7 Since it is the sum ($T=T_J+F+G$) of the torque G required in order to cancel a part for the torque F required in order to cancel the torque T_J required in order to accelerate inertia, and a rubbed part, and gravity, The torque T_J required in order to accelerate inertia can be searched for by subtracting the torque G required in order to cancel a part for the torque F required in order to cancel a rubbed part from the torque T required for an acceleration drive, and gravity. then, the step S8 -- setting -- the operation of $T_J=T-F-G$ -- carrying out -- ** -- the torque T_J required in order to accelerate inertia as be alike is searched for. (e) of drawing 6 is carrying out the example as a result of the torque T_J required in order to accelerate this inertia (step S8).

[0039] The motor of a servo motor and the inertia J of a mechanical system are called for by the ratio ($J=T_J/A$) of Torque T_J and acceleration A required in order to accelerate inertia. According to the relation of the acceleration A to the rate v shown in (d) of drawing 6, acceleration A changes according to a rate v . Change of the acceleration A used for the operation of Inertia J influences the value of Inertia J . Then, in order to acquire the value of the fixed inertia J , it is the rate which a servo motor usually uses, a field with little change of acceleration A is appointed in (d) of drawing 6, and the torque T_J

corresponding to the rate v at the time of the acceleration A is searched for by (e) of drawing 6, and torque TJ searched for is $J \cdot A$ with acceleration A , and it asks for Inertia $J (= TJ/A)$ (step S9).

[0040] The motor of a servo motor and the inertia of a mechanical system can be presumed from torque required in order to separate torque required in order to accelerate the inertia of a servo motor, and torque required in order to cancel a part for a rubbed part and gravity and to accelerate inertia by this.

[0041] In addition, a measurement error can also be decreased by asking presumed processing of the inertia by the process of said step S1 - step S9 for a multiple-times deed and the average of two or more acquired inertia values.

[0042] (Example of a control device which carries out the example of this invention) Since it is the block diagram of the digital-servo control device which carries out the example of this invention and is the configuration as the equipment which performs the conventional digital-servo control with the same configuration, drawing 7 is shown roughly.

[0043] In drawing 7, 10 is numerical-control equipment (henceforth NC), and 12 is a pulse coder in which in the digital-servo circuit of a microcomputer (henceforth CPU) configuration, and 16 servo amplifiers, such as a transistor inverter, and 18 generate a servo motor with rotation of a servo motor 18, and 20 generates [Share RAM and 14] a pulse.

[0044] CPU of writing and the digital-servo circuit 14 reads a location command for every location command period (dividing period) ITP, and reads this location command in Share RAM to Share RAM, and NC10 is the period T_p ($ITP = T_p \times N$) which divided the above-mentioned location command period ITP into N individual, and performs location loop-formation processing. It asks for the location command in the location loop-formation processing T_p so that the location command outputted from NC10 the whole ITP period may be distributed equally [the inside of an ITP period]. While performing location loop-formation processing from the difference of this location command and the current position of the servo motor 18 obtained by the feedback pulse from the pulse coder 20 Feedforward control processing of a location is performed, it asks for a rate command, rate loop-formation processing and rate feedforward processing are performed from whenever [real velocity / of the servo motor 18 obtained by the feedback pulse from this rate command and the pulse coder 20 next], and it asks for a current command. And current loop processing is performed, an PWM command is created, and a servo motor 18 is driven through a servo amplifier 16.

[0045] (Example of control using the inertia for which it asked by the approach of this invention) The example of control of the motor of the servo motor for which it asked by the inertia presumption approach of this invention, or the servo motor using the inertia J_m of a mechanical system is explained.

[0046] Drawing 8 is a block diagram in the case of performing feedforward control to a location loop formation like said drawing 9. Proportional gain and the transfer function 4 of integral gain and K_2 are location loop-formation feedforward's terms, α is the feedforward multiplier of a location, a transfer function 6 is rate loop-formation feedforward's term, and β of position gain [in / in K_p of a transfer function 1 / a location loop formation] and two rate loop-formation compensator K_1 is [be / it / under / drawing 8 / setting] the feedforward multiplier of a rate. Moreover, 3 is the machine section of a servo motor, K_t is a torque constant and J_m is inertia.

[0047] And in this control block, it sets up by value J_m/K_t which J_m which asked for the feedforward multiplier β of a rate by the inertia presumption approach of this invention by the torque constant K_t .

[0048] The current command value which a servo motor is ordered is formed of the current command which forms with a rate loop-formation compensator 2 based on the value which subtracted the rate feedback value from the sum with the value which multiplied the differential value of the rate command which multiplies by the position gain K_p and is obtained, and a location command by the feedforward multiplier α , and the value which multiplied the 2 times differential value of a location command by the feedforward multiplier β of a rate, as having described above.

[0049] Since the feedforward multiplier β of the rate is set as the value based on Inertia J_m here, rate loop-formation feedforward can form the torque corresponding to a part for the inertia under acceleration and deceleration, and a rate loop-formation compensator can form the torque which cancels

a part for a rubbed part of a mechanical system, and gravity. Therefore, a rate loop-formation compensator cannot share a part of torque corresponding to a part for the inertia under acceleration and deceleration like the conventional control, and a high speed can be answered in rate loop-formation feedforward about a part for the inertia under acceleration and deceleration.

[0050] (Effectiveness of an example) If the value which **(ed)** inertia for which it asked by the presumed approach of the inertia of this invention by the torque constant is made into rate loop-formation feedforward's multiplier A part for inertia can be shared by rate loop-formation feedforward among the torque of a servo motor, and a rate loop-formation compensator can share a part for a rubbed part and gravity. By this It can separate into the torque for compensating the torque for inertia acceleration of the torque which a servo motor outputs, and friction, and highly precise control can be performed at high speed. Moreover, in the case of a machine tool, a configuration error can be decreased by this.

[0051]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the inertia presumption approach of a servo motor that the motor of a servo motor and the inertia of a mechanical system can be presumed more correctly can be offered.

[Translation done.]